

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-271351

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 N 1/60
1/46
9/64

H 0 4 N 1/40
9/64
1/46

D
R
A
Z

審査請求 有 請求項の数18 F D (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願平9-85633

(22) 出願日

平成9年(1997)3月20日

(71) 出願人 390010021

松下技研株式会社

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号

(72) 発明者 本村 秀人

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

(72) 発明者 山田 修

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

(72) 発明者 麓 照夫

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

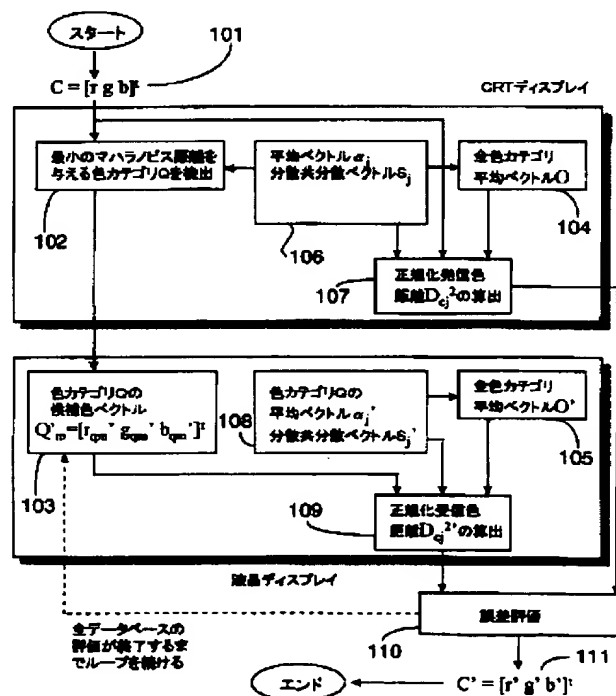
(74) 代理人 弁理士 鷲田 公一

(54) 【発明の名称】 色情報交換方法およびデバイス特性調整方法

(57) 【要約】

【課題】 一意的に色域マッピングの方法を決定でき、かつ観察条件の違いを吸収する実用的な対応色予測を可能にすること。

【解決手段】 発信デバイス、受信デバイスごとに色信号データが形成する色空間を観察者が知覚する色のまとまりで複数の色カテゴリに分割し、発信デバイスが発信する色情報である発信色ベクトルが各色カテゴリから発生する発生確率により発信色ベクトルが属する色カテゴリを決定し、発信色ベクトルが属する色カテゴリと同一の色カテゴリ内から発生する受信デバイスの色信号データ群の中から、受信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係が発信色ベクトルが発信デバイスの各色カテゴリの重心点と持つ位置関係に最も近くなるような色信号データを受信色ベクトルとして選び出し色情報を交換する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発信デバイス、受信デバイス毎に色信号データが形成する色空間を複数の色カテゴリに分割し、同一色カテゴリ間で色情報を交換することを特徴とする色情報交換方法。

【請求項2】 発信デバイスが発信する色情報の発信色ベクトルが属する色カテゴリと同一の色カテゴリに分類された受信デバイスの色信号データ群から受信色ベクトルを選び出すことを特徴とする請求項1記載の色情報交換方法。

【請求項3】 発信色ベクトルと発信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係が、受信色ベクトルと受信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係においても保存されるように、受信色ベクトルを選び出すことを特徴とする請求項2記載の色情報交換方法。

【請求項4】 発信色ベクトルが発信デバイスの全色カテゴリの中で最も高い発生確率を示す色カテゴリを、各色カテゴリに分類された色信号データ群が持つ平均ベクトルと分散共分散ベクトルによって形成される標準正規分布で与えられる確率密度関数によって求め、発生確率の最も高い色カテゴリを当該発信色ベクトルが属する色カテゴリに決定することを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の色情報交換方法。

【請求項5】 発信色ベクトルと発信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係として、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点から発信色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化発信色距離を用いることを特徴とする請求項3記載の色情報交換方法。

【請求項6】 受信色ベクトルと受信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係として、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点から受信色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化受信色距離を用いることを特徴とする請求項3又は請求項5記載の色情報交換方法。

【請求項7】 観察環境の変化によって入出力特性が変化するデバイスの現在の特性を表す現状態と該デバイスの元の状態を表す元状態のそれぞれについて色信号データが形成する色空間を複数の色カテゴリに分割し、同一色カテゴリ間でデバイス特性調整情報を交換することを特徴とするデバイス特性調整方法。

【請求項8】 元状態が持つ色情報である元状態色ベクトルが属する色カテゴリと同一の色カテゴリに分類された現状態の色信号データ群から現状態色ベクトルを選び出すことを特徴とする請求項7記載のデバイス特性調整方法。

【請求項9】 元状態色ベクトルが元状態の各色カテゴリの重心点と持つ位置関係が、現状態色ベクトルが現状

態の各色カテゴリの重心点と持つ位置関係においても保存されるように、現状態色ベクトルを決定することの特徴とする請求項8記載のデバイス特性調整方法。

【請求項10】 元状態色ベクトルが元状態の全色カテゴリの中で最も高い発生確率を示す色カテゴリを、各色カテゴリに分類された色信号データ群が持つ平均ベクトルと分散共分散ベクトルによって形成される標準正規分布で与えられる確率密度関数によって求め、発生確率の最も高い色カテゴリを当該元状態色ベクトルが属する色カテゴリに決定することを特徴とする請求項7乃至請求項9のいずれかに記載のデバイス特性調整方法。

【請求項11】 元状態色ベクトルと元状態の各色カテゴリの重心点との位置関係として、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点から元状態色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化元状態色距離を用いることを特徴とする請求項9記載のデバイス特性調整方法。

【請求項12】 現状態色ベクトルとの各色カテゴリの重心点との位置関係として、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点から現状態色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化現状態色距離を用いることを特徴とする請求項9又は請求項11記載のデバイス特性調整方法。

【請求項13】 発信デバイス、受信デバイスの色信号データを被験者実験により（白、黒、赤、緑、黄、青、紫、もも、だいだい、灰、茶）又は（white、black、red、green、yellow、blue、purple、pink、orange、gray、brown）の基本色に分類した色カテゴリを使用することを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の色情報交換方法。

【請求項14】 色信号データが、入力デバイスへの入力色、あるいは入力デバイスからの出力値、あるいは出力デバイスへの入力値、あるいは出力デバイスからの出力色である請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の色情報交換方法。

【請求項15】 入力色あるいは出力色が均等色空間のCIELABあるいはCLELUVである請求項14記載の色情報交換方法。

【請求項16】 単一デバイスの、元状態と現状態の色信号データを被験者実験により（白、黒、赤、緑、黄、青、紫、もも、だいだい、灰、茶）又は（white、black、red、green、yellow、blue、purple、pink、orange、gray、brown）の基本色に分類した色カテゴリを使用することを特徴とする請求項7乃至請求項12のいずれかに記載のデバイス特性調整方法。

【請求項17】 色信号データが、入力デバイスへの入力色、あるいは入力デバイスからの出力値、あるいは出力デバイスへの入力値、あるいは出力デバイスからの出

力色である請求項7乃至請求項12のいずれかに記載のデバイス特性調整方法。

【請求項18】 入力色あるいは出力色が均等色空間のCIELABあるいはCLELUVである請求項17記載のデバイス特性調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、カメラ、スキャナ、モニタ、プリンタなど、あらゆる入力画像機器あるいは出力画像機器に使用できる色再現、色調整に関する技術である。

【0002】

【従来の技術】近年、あらゆる画像機器のカラー化が進み、オフィスユースでもホームユースでもカラー映像、カラードキュメントを利用する機会が増えてきた。これに伴い、各デバイス単体の色再現技術も発展を示し、高性能化が著しい。

【0003】ところがネットワーク技術の進歩と社会的利用の増加から、オープンシステムが出現し、これまで個々のデバイスで成長してきた色再現、色調整技術の融合が次なる課題として浮上している。たとえば、NTSC信号はこれまでブロードキャスト型の色情報伝達にのみ使用されてきた。この場合、色情報を受信する側は規格によって色の管理が十分なされており、色管理は発信側の放送局のみが実施すればよい。ところが、高帯域型のネットワークインフラストラクチャの構築により、双方向型の色情報伝達が利用されつつあり、各家庭、各オフィスが情報発信元となり、これまで専門知識を有する放送局が行ってきた色管理を各家庭、各オフィスでもある程度、実現しなければならない。具体的には発信したい情報、たとえば写真などを発信者自身が色再現性を劣化さ

せることなくNTSC信号に変換しなければならないのである。さらにNTSC信号への変換のみならず、オープンシステムでの色情報交換はあらゆる色信号の相互接続を必要とする。

【0004】このようなカラーコミュニケーションのオープン化に起因する色再現、色調整の問題のうち、「各デバイス間の色再現範囲の違い」と「観察環境の違い」は大きな課題として上げられる。

【0005】まず最初に「各デバイス間の色再現範囲の違い」について説明する。一般にCRTディスプレイは印刷物にくらべ色再現範囲が広く、鮮やかな色を表示することができる。そこでCG(Computer Graphic)画像をプリンタで印刷したい場合、デザイナーの意図した色が印刷物上で表現できないという問題が発生する。一方、印刷物はCRTにくらべて暗部、つまり輝度の低い部分で階調性に優れ、CRT上に印刷物の絵を表示した場合、シャドウ部のディテールの表現性に問題が発生する。このような各デバイス間での色再現範囲の違いの問題は、あるデバイスが物理的に色を提示できないという限界から根本的には解決できない。しかし、前述したオープンシステムにおいては、何の制約もなく、各デバイス間で色情報のやり取りが行なわれる。よって、色再現性の劣化を最小限に抑える形で何らかの処置を施さなければならない。このため、受信側のデバイスの色再現範囲を越える色を色再現範囲内にマッピングする「色域マッピング」は近年盛んに技術開発が進められている。

【0006】その一つに「CG画像における色域圧縮(II)」(カラーフォーラムJAPAN'96要旨集P21～P24)に記載された方法がある。これは

【数1】

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{L_1 - L_2}{K_l}\right)^2 + \left(\frac{C_1 - C_2}{K_c}\right)^2 + \left(\frac{H_1 - H_2}{K_h}\right)^2} \quad (1)$$

なる色差式を定義し、この色差が最少になるような色信号対で色域マッピングを行う方法である。(数1)において (L_1, H_1, C_1) はモニタ上のCG画像が持つ色の測色値で、色域マッピングとは、色差 ΔE が最小になるような (L_2, H_2, C_2) をプリンタの色再現域内で決定することである。数組の (K_l, K_h, K_c) を設定してマッピングの条件を変え、原画像と再現画像の比較を行ったところ、 $K_c \geq K_h \geq K_l$ と設定した場合、主観的に好ましい色域マッピングが実現できたと報告されている。 $K_c \geq K_h \geq K_l$ なるマッピング方法は参考文献の文章をそのまま引用すると、「明度はなるべく一定にし、色相もある程度変化させながら彩度方向に圧縮する」といった表現になる。

【0007】また「日経エレクトロニクス no.570、1992.12.21」のP101には、図12に示すように明度、色相を一定に保ち、彩度のみを調整し、色再現範囲の外縁

にマッピングする方法、図13に示すように色空間の重心部を目指して全点を滑らかに圧縮して彩度低下を回避してマッピング点を決定する方法などが示されている。

【0008】以上、紹介した従来の方法はすべて、マッピング方向を決定する際、明度、色相、彩度の色の三属性の保存の度合いに注目している。根本的には各デバイス間で全く同一の色を持つ画像が再現できないため、どの属性の保存を優先させれば、あるいはどの属性の劣化を優先させれば再現画像の見た目の印象がより良くなるのかといった判断基準からマッピングの方法を決定している。図12の場合は明度、色相の保存に重きをおき、彩度の低下を犠牲にしている。よって上記、従来例ではすべて3つの色の属性の調整量を複数設定し、その全組み合わせで再現画像を作成し、最も主観評価の高い再現画像に用いた三属性の調整量をマッピング方法として採用するといった手順が取られる。

【0009】次に「観察環境の違い」について説明する。国際照明委員会CIEが定める測色系は色再現系の設計において有効に活用されている。2つの色の測色値が一致すれば、その2つの色は同じであると判断できる。しかし、現在までのところ、CIEが勧告した測色系はすべて照明条件を固定したものであって、異なった照明下に提示された2つの測色値はくらべることができない。たとえば蛍光灯に照らされた原画像と白熱灯に照らされた再現画像の色の比較を測色値で評価することはできない。

【0010】ところが実生活の中で、全く同じ照明状態、さらには観察画像の背景の状態や観察距離などからなる「観察環境」が全く同一であるシーンを見つけだすことは極めて困難である。日中と夜更けに、同じディスプレイで同じCG画像を観察した場合、ディスプレイの表面で反射される光の量が異なるため、ディスプレイの蛍光体単独の発光特性が一定であってもコントラスト、色合い等が全く異なって見える。外光の影響も含めたモニタの入出力特性が変化したのである。またネットワークを介した遠隔地間での色情報交換は、とりわけ異なる観察環境間で色を制御する必要性が生じるケースである。発信者側と受信者側で照明光源が異なるとき、両者間で同じ色に知覚される色のペアを一般に「対応色」と呼ぶ。そして発信者側の色が受信者側の照明光源で照らされた場合、どのような色に見えるのかを予測することを「対応色予測」と呼ぶ。観察環境の変化による単一デバイスの入出力特性の変化も対応色予測の一形態である。

【0011】この対応色予測は照明に対する視覚系の順応状態の変化によって記述される（「色彩工学」（太田登 著），東京電機大学出版局（1993年）P184 ～ P191）。von Kriesは照明光源の持つ三刺激値の比率に線形に知覚色の三刺激値が変化するとして「順応方程式」を提案した。また納谷は照度レベルと背景の反射率を順応方程式のパラメータに加え、ヘルソンジャッド効果（有彩色光で灰色スケールを照明すると、明るい灰色には照明光の色相を感じ、暗い灰色にはその補色の色相を感じる）やステープンス効果（無彩色の群を照度を変えて照明すると、高照度では明るい灰色はより白色に、暗い灰色はより黒色に見える）、そしてハント効果（有彩色を照度を変えて照明すると、知覚される彩度（カラフルネス）は照度に応じて上がって見える）などを予測できる非線形型の順応方程式により、対応色予測の精度を向上させている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記の従来方法による色域マッピング方法、そして対応色予測にはいくつかの課題を残す。

【0013】まず色域マッピングは、色相、彩度、明度の調整量と色再現性の間に一意的な関係が構築されてい

ないため、考えるすべての調整量をテストしなければ最良の色再現画像を特定することができない課題が存在する。

【0014】また対応色予測は限られた観察条件下でのみ使用可能であり、現実の利用状況に対して大きなギャップを持ち、実用的なレベルに達していないという課題を持つ。

【0015】本発明は上記従来技術の課題を解決するもので、一意的に色域マッピングの方法を決定でき、かつ観察条件の違いを吸収する実用的な対応色予測を可能にする色情報交換方法及びデバイス特性調整方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】色域マッピングでは、各デバイス間で根本的に同じ色を呈示できないため、それぞれのデバイスにおける画像の全体的な印象ができるだけ異ならないように色情報を交換することが目標となる。たとえば、色合いで表現すれば、CRT上で「赤い花」は印刷物上でも「赤い花」であるべきで、「黄色い花」や「オレンジ色の花」のように花の持つ色のカテゴリが異なることは好ましくない。さらに、CRT上で「花の赤の方がりんごの赤より強い」とすると印刷物上でも「花の赤の方がりんごの赤より強い」方が好ましく、「花の赤の方がりんごの赤より弱い」場合は好ましくない。

【0017】このように、色域マッピングにおいて画像の全体的な印象ができるだけ異ならないようにするには、各デバイス間で、

(a) 同一画素の色カテゴリが同じであること

(b) 画像全体にわたって色合いの反転、不連続が発生しないこと

が重要である。

【0018】そこで、本発明では、発信デバイス、受信デバイスごとに色信号データが形成する色空間を観察者が知覚する色のまとまりで複数の色カテゴリに分割し、同一色カテゴリ間でのみ色情報を交換する。

【0019】つまり、発信デバイスで「赤」と知覚された画素の受信デバイスでのドライブ信号は、受信デバイス上で「赤」と知覚される色信号データ群の中からのみ選び出す。

【0020】また本発明は、同一色カテゴリ内から受信色ベクトルを決定するには、発信色ベクトルが発信デバイス色空間内の全色カテゴリの重心点と持つ相対的な位置関係によって決定する。

【0021】たとえば、「赤」と知覚された発信色ベクトルとの位置が「赤」に似た「オレンジ」の色カテゴリの重心に近く、「赤」の補色である「緑」の色カテゴリの重心の方が遠い場合、受信色ベクトルには「緑」よりは「オレンジ」に近い色信号データを選ぶべきである。そして、発信デバイスの色空間で発信色ベクトルと「オ

レンジ」の重心との距離が発信色ベクトルと「緑」の重心との距離の $1/2$ であった場合は、受信デバイス空間で選ばれる受信色ベクトルが「オレンジ」の重心と持つ距離は「緑」の重心との距離の $1/2$ であるべきである。

【0022】このように、発信色ベクトルが各色カテゴリの重心と持つ距離の相対的位置関係が受信デバイスの色空間内でも成立するように各画素ごとの受信色ベクトルを選び出すことにより、「画像全体にわたって色合いの反転、不連続」が発生しない色情報交換が実現できる。

【0023】また本発明では、色カテゴリを標準正規分布によってモデリングする。観察者が知覚的に各色カテゴリに分類した複数の色信号データ群で平均ベクトル、分散共分散ベクトルを求め、各カテゴリごとに標準正規分布を定義し、これを各色カテゴリからの色ベクトルの発生確率とする。そしてある画素の色カテゴリは各色カテゴリが持つ発生確率のうち、最も確率の高い色カテゴリとする。

【0024】また本発明は、発信色ベクトルが各色カテゴリの重心と持つ距離や受信色ベクトルが各色カテゴリの重心と持つ距離も平均値ベクトル、分散共分散ベクトルから求められるマハラノビス距離を用いる。

【0025】発信色信号が各色カテゴリの重心点と持つ相対的位置関係は、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点を求め、全色カテゴリ重心点から発信色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化発信色距離で記述する。

【0026】受信色信号が各色カテゴリの重心点と持つ相対的位置関係は、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点を求め、全色カテゴリ重心点から受信色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化受信色距離で記述する。

【0027】受信色ベクトルのマッピング点は、全色カテゴリに対する正規化受信色距離の大小関係が全色カテゴリに対する正規化発信色距離と等しくなるように決定する。

【0028】以上のように、本発明は観察者の応答から色カテゴリを標準正規分布でモデリングすることによって、任意の画素の色カテゴリが発信デバイス、受信デバイスにおいて決定でき、さらに発信色ベクトルと各色カテゴリの重心点を持つ相対的位置関係を受信デバイス側でも維持することによって、従来の色域マッピング法では実現できない「一意性」を確保している。

【0029】なお色情報交換方法は対応色予測にも適用できる。従来の対応色予測は照明などの観察環境が完全にコントロールされた条件下でのみ実行が可能であるが、本発明は観察者による色カテゴリの分類を行なうこ

とによって、任意の観察環境下で対応色予測が実行できる。

【0030】また発信デバイスと受信デバイスがそれぞれ入出力特性の変化した単一デバイスの元状態と現状態であると置き換えれば、以上の色情報交換方法はデバイス特性調整方法にも適用できる。

【0031】以上、本発明によれば、一意的に色域マッピングの方法を決定でき、かつ観察条件の異なるデバイス間での画像の色再現性の向上、デバイスの物理的な変動や劣化、あるいは観察条件の変化で入出力特性の変化した単一デバイスの特性調整などを実現できる。

【0032】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、発信デバイス、受信デバイスごとに色信号データが形成する色空間を観察者が知覚する色のまとまりで複数の色カテゴリに分割し、同一色カテゴリ間で色情報を交換することにより、画像の全体的な印象が異なるように色情報を交換することができ、画像の色再現性を向上できる。

【0033】本発明の請求項2に記載の発明は、発信デバイスが発信する色情報の発信色ベクトルが属する色カテゴリと同一の色カテゴリに分類された受信デバイスの色信号データ群から受信色ベクトルを選び出すことにより、同一色カテゴリ間で色情報を交換することができ、画像の全体的な印象が異なるように色情報を交換することができる。

【0034】本発明の請求項3に記載の発明は、発信色ベクトルと発信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係が、受信色ベクトルと受信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係においても保存されるように受信色ベクトルを選び出すことにより、画像全体にわたって色合いの反転、不連続が発生しないように色情報を交換することができる。

【0035】本発明の請求項4に記載の発明は、発信色ベクトルが発信デバイスの全色カテゴリの中で最も高い発生確率を示す色カテゴリを、各色カテゴリに分類された色信号データ群が持つ平均ベクトルと分散共分散ベクトルによって形成される標準正規分布で与えられる確率密度関数によって求め、発生確率の最も高い色カテゴリを当該発信色ベクトルが属する色カテゴリに決定することにより、発信色ベクトルが属する色カテゴリをデバイスの種類や観察条件に依存しない汎用性のある形で決定することができる。

【0036】本発明の請求項5に記載の発明は、発信色ベクトルと発信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係として、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点から発信色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化発信色距離を用いることにより、画像全体にわたって連続性

を崩さず、階調の反転を発生させずに受信色ベクトルのマッピング点を決定できる。

【0037】本発明の請求項6に記載の発明は、受信色ベクトルと受信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係として、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点から受信色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化受信色距離を用いることにより、画像全体にわたって連続性を崩さず、階調の反転を発生させずに受信色ベクトルのマッピング点を決定できる。

【0038】本発明の請求項7に記載の発明は、観察環境の変化によって入出力特性が変化するデバイスの現在の特性を表す現状態と該デバイスの元の状態を表す元状態のそれぞれについて色信号データが形成する色空間を複数の色カテゴリに分割し、同一色カテゴリ間でデバイス特性調整情報を交換することにより、単一デバイスにおいて元状態と現状態との間で、画像の全体的な印象が異ならないように色情報を交換することができ、デバイスの物理的な変動や劣化、あるいは観察条件の変化で入出力特性の変化した単一デバイスの特性調整を一意的にできる作用を有する。

【0039】本発明の請求項8に記載の発明は、元状態が持つ色情報である元状態色ベクトルが属する色カテゴリと同一の色カテゴリに分類された現状態の色信号データ群から現状態色ベクトルを選び出すことにより、同一色カテゴリ間で色情報を交換することができ、画像の全体的な印象が異ならないように色情報を交換することができる。

【0040】本発明の請求項9に記載の発明は、元状態色ベクトルが元状態の各色カテゴリの重心点と持つ位置関係が、現状態色ベクトルが現状態の各色カテゴリの重心点と持つ位置関係においても保存されるように、現状態色ベクトルを決定することにより、画像全体にわたって色合いの反転、不連続が発生しないように色情報を交換することができる。

【0041】本発明の請求項10に記載の発明は、元状態色ベクトルが元状態の全色カテゴリの中で最も高い発生確率を示す色カテゴリを、各色カテゴリに分類された色信号データ群が持つ平均ベクトルと分散共分散ベクトルによって形成される標準正規分布で与えられる確率密度関数によって求め、発生確率の最も高い色カテゴリを当該元状態色ベクトルが属する色カテゴリに決定することにより、元状態色ベクトルが属する色カテゴリを観察条件に依存しない汎用性のある形で決定することができる。

【0042】本発明の請求項11に記載の発明は、元状態色ベクトルと元状態の各色カテゴリの重心点との位置関係として、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点から元状態色ベクトルまでのマ

ハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化元状態色距離を用いることにより、画像全体にわたって連続性を崩さず、階調の反転を発生させずに現状態色ベクトルのマッピング点を決定できる。

【0043】本発明の請求項12に記載の発明は、現状態色ベクトルとの各色カテゴリの重心点との位置関係として、全色カテゴリの重心点の平均として与えられる全色カテゴリ重心点から現状態色ベクトルまでのマハラノビス距離を前記全色カテゴリ重心点から各色カテゴリ重心点までのマハラノビス距離で割った正規化現状態色距離を用いることにより、画像全体にわたって連続性を崩さず、階調の反転を発生させずに現状態色ベクトルのマッピング点を決定できる。

【0044】本発明の請求項13、16に記載の発明は、色カテゴリが白、黒、赤、緑、黄、青、紫、もも、だいだい、灰、茶であるか、あるいはwhite、black、red、green、yellow、blue、purple、pink、orange、gray、brownであるので、Berlin and Kayが見出した11個の基本色名（参考文献：“Basic Color Terms. Their Universality and Evolution”, University of California Press, Berkley, 1969）を利用することにより、重複なく高効率に色カテゴリへの分類が実行できる作用を有する。

【0045】本発明の請求項14、17に記載の発明は、色信号データが、入力デバイスへの入力色、あるいは入力デバイスからの出力値、あるいは出力デバイスへの入力値、あるいは出力デバイスからの出力色である方法で、測色値あるいはデバイス信号を用いて色信号データを記述できる作用を有する。

【0046】本発明の請求項15、18に記載の発明は、入力色あるいは出力色が均等色空間のCIELABあるいはCIELUVである方法で、CIELABとCIELUVは人間の色差感覚尺度と色空間内の空間尺度が線形関係にあるため、色情報交換の精度を向上する作用を有する。

【0047】（実施の形態1）実施の形態1は、デバイス間で色情報を交換するシステムにおいて、発信デバイス、受信デバイスごとに色信号データが形成する色空間を観察者が知覚する色のまとまりで複数の色カテゴリに分割し、同一色カテゴリに分類された色信号データ群を母集団とする確率密度関数を作成し、前記発信デバイスが発信する色情報である発信色ベクトルが各色カテゴリから発生する発生確率により前記発信色ベクトルが属する色カテゴリを決定し、前記発信色ベクトルが属する色カテゴリと同一の色カテゴリ内から発生する受信デバイスの色信号データ群の中から、受信デバイスの各色カテゴリの重心点との位置関係が前記発信色ベクトルが発信デバイスの各色カテゴリの重心点と持つ位置関係に最も近くなるような色信号データを受信色ベクトルとして選び出し色情報を交換する。以下、この色情報交換方法に

について詳述する。

【0048】図1は本発明の実施形態のひとつであるCRTディスプレイの画像を液晶ディスプレイに表示する際の手順を示す。

【0049】まず、CRTディスプレイと液晶ディスプレイの色表示範囲について説明する。図2(a)はCRTディスプレイの色表示範囲(201)と液晶ディスプレイの色表示範囲(202)の一例である。CRTディスプレイのデータはNTSC規格(赤原色: $(x, y) = (0.67, 0.33)$ 、緑原色: $(x, y) = (0.21, 0.71)$ 、青原色: $(x, y) = (0.14, 0.08)$)に基づく。液晶ディスプレイのデータは、「日経エレクトロニクス no.570, 1992.12.21」のP94, 図8に基づく。全般的にCRTディスプレイの方が色表示範囲が広く、CRTディスプレイの画像を液晶ディスプレイに表示する場合は色域マッピングが必要になる。また、両デバイスの白色点が異なり、それぞれのデバイスの白色に順応した場合は、測色値の互換性が保たれず、対応色予測が必要となる。これらの課題を解決する本発明の具体的な方法を説明する。

【0050】図2(b)はKellyが示した色の領域に図2(a)に示すデバイスの色表示範囲を重ねたものである。Kellyが示した色の領域は全可視光域の色を23の色領域に区分している。図2(b)より、たとえば両ディスプレイ上で「緑」に分類される部分を取り出すと図3(a)のようになる。301はCRTディスプレイの色表示範囲を示し、302は液晶ディスプレイの色表示範囲を示す。両ディスプレイの表示範囲を図3(b)のように分割した場合(303は301と同一、304は302と同一)、色域マッピングは両デバイスの黒丸同士、白丸同士、黒四角同士、白四角同士を結びつけるように実行すると色合いの変化の連続性が保たれ、自然な対応関係が成立する。本発明は、全色領域ごとに図3(b)のようなマッピングを行うことで、画像全体にわたって自然な色域マッピングを実現している。以下、図3(b)のようなマッピング制御法について詳述する。

【0051】ここで、図4にMacAdamが調べた色弁別楕円(参考文献:「色彩工学の基礎」P137, 池田光男著)を示す。2°の二分視野(48cd/m²)を標準光源C

$$f(\mathbf{X}) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^P \sqrt{|\Sigma|}} e^{-\frac{D^2}{2}} \quad (2)$$

$$D^2 = (\mathbf{X} - \mu)^T \Sigma^{-1} (\mathbf{X} - \mu)$$

ここで、 $|\Sigma|$ は分散共分散ベクトル Σ の行列式を、 Σ^{-1} は分散共分散ベクトル Σ の逆行列をそれぞれ表わす。 D^2 はマハラノビス距離と呼ばれ、分布の広がりや加味した重心からの距離を意味する。 P は次元数を表わす。図5までは2次元平面上で説明を行ってきたが、色

$$\mathbf{X} = [x_1 \ x_2 \ x_3]^T$$

(24cd/m²)が取り囲むような刺激呈示で求めた色弁別楕円で、楕円内の色はすべて同じ色に見えることを表わす(ただし、結果を見やすくするため、楕円の大きさは実際のものの10倍で表示してある)。この結果から、ある色のまとまり、たとえばKellyが用いた「緑」や「黄味緑」、「青味緑」などの色のまとまりは、それぞれ楕円形状を持っていると予想できる。そしてKellyが求めた色領域の境界線は図5に示すようにそれぞれの楕円の交線であると解釈できる。図5において、501は「緑」と知覚される色のまとまりを表わし、502は「黄味緑」と知覚される色のまとまりを表わし、503は「青味緑」と知覚される色のまとまりを表わし、504は「緑」と「黄味緑」の知覚の境界を表わし、505は「緑」と「青味緑」の知覚の境界を表わし、506はCRTディスプレイの色表示限界を表わす。

【0052】以上の考え方から本発明は、CRTディスプレイ、液晶ディスプレイの色空間をともに知覚色によって複数の色カテゴリに分類し、同一の色カテゴリ間でのみマッピング点を決定する。そこでまずCRTディスプレイ、液晶ディスプレイの両色空間を、図2(b)に示すKellyが示す色領域のように知覚色によって複数の色カテゴリ領域に分割しなければならない。そしてその方法はデバイスの種類や観察条件等に依存しない汎用性を必要とする。つまりKellyが示す色領域はある限られた視環境、対象物での結果であり、これを任意の条件で記述できるようにしなければならない。

【0053】そこで、色空間内の代表色を被験者に呈示して複数の色カテゴリへの分類を実行させ、同一色カテゴリに分類された色信号データ群を母集団とする確率密度関数を作成する。そして発信色(CRTディスプレイ)あるいは受信色(液晶ディスプレイ)が属する色カテゴリは、発信色あるいは受信色が各色カテゴリから発生する確率のうち、最も高い確率を有する色カテゴリとする。確率密度関数には(数2)のような多次元正規分布を用いる。これが色のまとまりの楕円に相当し、発生確率によって選り分けられた結果は図2(b)のKellyの図に相当する。

【0054】

【数2】

空間は(R, G, B)の3次元空間であるため、本実施形態では $P=3$ とする。また、 \mathbf{X} は発信色ベクトルで(数3)で表し

【数3】

(3)

平均ベクトル μ を(数4)とすると

$$\mu = [\mu_1 \ \mu_2 \ \mu_3]^T \quad (4)$$

分散共分散ベクトル Σ は(数5)で与えられる。

$$\Sigma = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{1i} - \mu_1)^2 & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{1i} - \mu_1)(x_{2i} - \mu_2) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{1i} - \mu_1)(x_{3i} - \mu_3) \\ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{2i} - \mu_2)(x_{1i} - \mu_1) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{2i} - \mu_2)^2 & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{2i} - \mu_2)(x_{3i} - \mu_3) \\ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{3i} - \mu_3)(x_{1i} - \mu_1) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{3i} - \mu_3)(x_{2i} - \mu_2) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{3i} - \mu_3)^2 \end{bmatrix}$$

ここで、 n は色信号データ群の要素数を表わす。(数2)が最大になるとき、マハラノビス距離 D^2 は最小となるため、発信色あるいは受信色はマハラノビス距離 D^2 が最小となる色カテゴリに属する。

【0055】平均ベクトル μ と分散共分散ベクトル Σ を求める被験者実験は図6のように行なう。CRTディスプレイあるいは液晶ディスプレイ(601)上にテスト刺激のカラーパッチ(602)を呈示し、被験者(603)はこれを見て、複数の基本色名を用いてカラーネーミングを行う(604は被験者の応答を計算機へ入力する応答操作を示す)。テスト刺激には色空間内の適当な位置に分散して存在する代表色を用いる。この代表色の設定における条件は

1. 設定した基本色名すべてが被験者からの応答に出現すること。
 2. 色空間内でできるだけ、偏りなく代表色を選ぶこと。
- にある。

【0056】次に基本色名にはBerlin and Kayが見出した以下の11個の基本色名を用いる(参考文献:「Basic Color Terms. Their Universality and Evolution」, Univ. of California Press, Berkley, 1969)。

- 【0057】1. white(shiro)
2. black(kuro)
3. red(aka)
4. green(midori)
5. yellow(ki)
6. blue(ao)
7. purple(murasaki)
8. pink(momo)

$$C = [r \ g \ b]^T \quad (6)$$

この発信色ベクトル C がどの色カテゴリに属するかは、

【数4】

【数5】

9. orange(daidai)

10. gray(hai)

11. brown(cha)

これら11個の基本色名は、100種近くの言語を調べ、発達した言語ならばどの言語でも共通した11個のカテゴリカルな基本色名があることから導き出された。Crawfordは基本色名の定義を以下のようにまとめた(参考文献:「Defining basic color terms」, Anthropol Linguist, 24, 338-343, 1982年)。

- 【0058】1. すべての人の語彙に含まれること。
2. 人によらず、使うときによらず安定して用いられること。
3. その意義が他の単語に含まれないこと。
4. 特定の対象物にしか用いられないことがないこと。

また内川は日本語の11個の基本カテゴリ色を導出した(参考文献:「色のカテゴリカル知覚と記憶」, 第7回色彩工学コンファレンス, 1990年)。

【0059】以上の背景から本実施形態では上記の11個の基本色名を用いて、11個の色カテゴリを設定するが、本発明は本実施形態に制限されるものでなく、色カテゴリの設定方法は任意である。

【0060】以上、CRTディスプレイの色、液晶ディスプレイの色を11個の色カテゴリが持つ確率密度関数によって分類し、図1に示す手順で同一色カテゴリ間で相対的位置関係を保ちながら色域マッピングを実行する。以下、図1を用いて色域マッピングについて詳細に説明する。

【0061】CRTディスプレイの色である発信色ベクトル C を(数6)で表し(図1の101)

【数6】

11個の色カテゴリが発信色ベクトル C と持つマハラノ

ビス距離 D^2 のうち、最も小さな D^2 を与える色カテゴリに属すると判定する。代表色の知覚色を11個の基本色名で応える被験者の応答により形成された色カテゴリ j

$$\{r_{ji}, g_{ji}, b_{ji} \mid i=1,2,\dots,n\} \quad (7)$$

また色カテゴリ j の平均ベクトル α_j を(数8)とする。

$$\alpha = [\bar{r}_j \quad \bar{g}_j \quad \bar{b}_j]^T \quad (8)$$

よって、色カテゴリ j の分散共分散ベクトル S_j は(数5)から(数9)となる。

$$S_j = \begin{bmatrix} s_{rr_j} & s_{rg_j} & s_{rb_j} \\ s_{gr_j} & s_{gg_j} & s_{gb_j} \\ s_{br_j} & s_{bg_j} & s_{bb_j} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_{ji} - \bar{r}_j)^2 & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_{ji} - \bar{r}_j)(g_{ji} - \bar{g}_j) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_{ji} - \bar{r}_j)(b_{ji} - \bar{b}_j) \\ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (g_{ji} - \bar{g}_j)(r_{ji} - \bar{r}_j) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (g_{ji} - \bar{g}_j)^2 & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (g_{ji} - \bar{g}_j)(b_{ji} - \bar{b}_j) \\ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (b_{ji} - \bar{b}_j)(r_{ji} - \bar{r}_j) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (b_{ji} - \bar{b}_j)(g_{ji} - \bar{g}_j) & \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (b_{ji} - \bar{b}_j)^2 \end{bmatrix}$$

以上により、色カテゴリ j のマハラノビス距離 D^2_j は(数10)で与えられる。

$$D^2_j = [C - \alpha_j]^T S_j^{-1} [C - \alpha_j] \quad (10)$$

$$= \begin{bmatrix} r - \bar{r}_j & g - \bar{g}_j & b - \bar{b}_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_{rr_j} & s_{rg_j} & s_{rb_j} \\ s_{gr_j} & s_{gg_j} & s_{gb_j} \\ s_{br_j} & s_{bg_j} & s_{bb_j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r - \bar{r}_j \\ g - \bar{g}_j \\ b - \bar{b}_j \end{bmatrix}$$

(数10)から得られた11個のマハラノビス距離のうち、最小値を与える色カテゴリ Q を検出する(図1の102)。この色カテゴリ Q が発信色ベクトルが属する色カテゴリとなるため、液晶ディスプレイにおいて色カテ

$$Q'_k = [r_{q_k} \quad g_{q_k} \quad b_{q_k}]^T \quad k=1,2,\dots,m \quad (11)$$

ここで、 m は液晶ディスプレイの色カテゴリ Q に分類された色データの総数を表す。候補色ベクトル Q' は液晶ディスプレイの発光色全色が各色カテゴリから発生する確率を計算することによって求める。つまり、液晶ディスプレイの発光色全色のうち、色カテゴリ Q のマハラノビス距離が最小になる色データ群が候補色ベクトル Q' となる。発信色ベクトルが属する色カテゴリに従って候補色ベクトル Q' は選ばれるため、あらかじめ液晶ディスプレイの11個の色カテゴリごとに候補色ベクトル Q' をデータベース化しておく必要がある。

【0062】以上、(数11)の候補色ベクトル Q' を決定することによって、液晶ディスプレイ上に表示され

の色信号データ群を(数7)で表す。

【数7】

【数9】

【数10】

ゴリ Q に分類された色データ群 Q' (図1の103)がマッピング点の候補となり、これらを候補色ベクトル Q' と呼び、(数11)のように表わす。

【数11】

る色の知覚カテゴリはCRTと同一になることが保証される。

【0063】次に、図7、図8を用いて、候補色ベクトル Q' の中から受信色ベクトル C' を抽出するアルゴリズムを説明する。表記の都合上、2次元で表わす。

【0064】発信色ベクトルを受信色ベクトルにマッピングする際のルールは図3(b)に示したとおりで、同一色カテゴリ領域でカテゴリカルに一致する色同士をマッピングする。たとえば図3(b)のCRTディスプレイの緑の領域(303)に属する黒丸は「緑と黄味緑の境界の色であり、かつそのうち彩度が最も高い色」というカテゴリカルな記述ができる。このようなカテゴリカルな

意味合いを保ちつつマッピングを図るには、液晶ディスプレイにおいて「緑と黄味緑の境界の色であり、かつそのうち彩度が最も高い色」を探すことになる。これはまさしく液晶ディスプレイの緑の領域(304)に属する黒丸である。同様に、両ディスプレイにおいて、黒四角は「緑と青味緑の境界の色であり、かつそのうち彩度が最も高い色」であり、白丸は「緑と黄味緑の境界の色であり、かつそのうち彩度が最も低い色」であり、白四角は「緑と青味緑の境界の色であり、かつそのうち彩度が最も低い色」であり、ともにカテゴリカルに一致した点同士である。

【0065】このように考えた場合、黒丸、黒四角、白丸、白四角の4つの色データを平均した点は両ディスプレイ間でカテゴリカルに一致していると解釈できる。さらに4つの色データを色カテゴリを構成する全色データ群に広げた場合、データ数が十分であれば、これらの平均した点は両ディスプレイ間でカテゴリカルに一致していると解釈できる。

【0066】そこで、図7に示すように同一色カテゴリ間で平均ベクトル同士はマッピングを行なう。図7において、点G(701)はCRTディスプレイにおいて緑に分類された色データ群の平均値として与えられる重心を表し、点YG(702)はCRTディスプレイにおいて黄味緑に分類された色データ群の平均値として与えられる重心を表し、点BG(703)はCRTディスプレイにおいて青味緑に分類された色データ群の平均値として与えられる重心を表す。一方、点G'(704)は液晶ディスプレイにおいて緑に分類された色データ群の平均値として与えられる重心を表し、点YG'(705)は液晶ディスプレイにおいて黄味緑に分類された色データ群の平均値として与えられる重心を表し、点BG'(706)は液晶ディスプレイにおいて青味緑に分

類された色データ群の平均値として与えられる重心を表す。以上のように11個の色カテゴリの重心は両ディスプレイ間でマッピングされる。

【0067】次に、図7の3つの色カテゴリの重心のさらに重心を考える。図8(a)は図7と同一であるが、CRTディスプレイに点O(801)が、液晶ディスプレイに点O'(802)がそれぞれ追加されている。点OはCRTディスプレイの3つの色カテゴリの重心G、YG、BGが形成する三角形G-YG-BGの重心である。同様に点O'は液晶ディスプレイの3つの色カテゴリの重心G'、YG'、BG'が形成する三角形G'-YG'-BG'の重心である。図7で考察したように3つの重心は両ディスプレイ間でそれぞれにマッピングされる点同士であるから、点Oと点O'もマッピングの関係にあると言える。

【0068】ここまでは図3(b)をベースに重心間のマッピングについて説明してきたが、図8(b)のように発信デバイスと受信デバイスの重心の位置がどこにあっても、両デバイス間で同一の色カテゴリにある重心同士をマッピングすればカテゴリカルな関係を保存できる。ところで図8(b)の点O(803)と点O'(804)はマッピングされる点同士であるが、このとき線分LO、MO、NO、L'O'、M'O'、N'O'の長さは、カテゴリカルな一致を成立させる意味合いで同一の関係にあると言える。よってカテゴリカルな関係を保存した色域マッピングを扱うには、図8(b)の点O、点O'と結んだ各色カテゴリからの距離で正規化を行うと都合がいい。

【0069】今仮に発信色Cが点O(803)の位置に発生したとする。このとき、発信色Cと11個の色カテゴリの距離は(数12)で表される。

【数12】

$$D^2_{cj} = [C - \alpha_j]^T S_j^{-1} [C - \alpha_j] \quad (12)$$

ここで、 D^2_{cj} は色カテゴリjの重心から発信色Cまでのマハラノビス距離を表す。また点Oから11個の色カ

$$D^2_{oj} = [O - \alpha_j]^T S_j^{-1} [O - \alpha_j] \quad (13)$$

発信色Cは点O上にあるため(数14)(数15)となる。

$$D^2_{cj} = D^2_{oj} \quad (14)$$

【数15】

$$\frac{D^2_{cj}}{D^2_{oj}} = 1 \quad (15)$$

そして、受信デバイスにおいて、受信色ベクトルC'と11個の色カテゴリの重心が(数16)で表されるマハ

$$D^2_{c'j} = [C' - \alpha_j]^T S_j^{-1} [C' - \alpha_j] \quad (16)$$

ラノビス距離を(数13)とすると

【数13】

【数14】

ラノビス距離を持ち、

【数16】

点 O' が11個の色カテゴリの重心と(数17)で表されるマハラノビス距離を持つ場合、

$$D^2_{O'j} = [O' - \alpha_j]^T S_j^{-1} [O' - \alpha_j] \quad (17)$$

(数15)と同様に(数18)

$$\frac{D^2_{O'j}}{D^2_{O'j}} = 1 \quad (18)$$

が成立するためには、受信色ベクトル C' がベクトル O' と同一である必要がある。よって、受信色 C' は点 O' (804)上にあると決定される。ここで点 O や点 O' のような11個の色カテゴリの重心の重心を全色カテゴリ重心と呼び、そのベクトルを全色カテゴリ平均ベクトルと呼ぶ。また(数15)のように、色カテゴリの重心から発信色までのマハラノビス距離(数15)では D^2_{cj} を同一の色カテゴリの重心から全色カテゴリ

$$D^2_{PL} = [P - \alpha_L]^T S_j^{-1} [P - \alpha_L] \quad (19)$$

【数20】

$$D^2_{PM} = [P - \alpha_M]^T S_j^{-1} [P - \alpha_M] \quad (20)$$

【数21】

$$D^2_{PN} = [P - \alpha_N]^T S_j^{-1} [P - \alpha_N] \quad (21)$$

である。但し、 P は発信色ベクトル、 α_L は色カテゴリ L の平均ベクトル、 α_M は色カテゴリ M の平均ベクトル、 α_N は色カテゴリ N の平均ベクトル、 S^{-1}_L は色カテゴリ L の分散共分散行列の逆行列、 S^{-1}_M は色カテゴリ M の分散共分散行列の逆行列、 S^{-1}_N は色カテゴリ N の

$$D^2_{OL} = [O - \alpha_L]^T S_j^{-1} [O - \alpha_L] \quad (22)$$

【数23】

$$D^2_{OM} = [O - \alpha_M]^T S_j^{-1} [O - \alpha_M] \quad (23)$$

【数24】

$$D^2_{ON} = [O - \alpha_N]^T S_j^{-1} [O - \alpha_N] \quad (24)$$

である。よって色カテゴリ L からみた点 P の正規化発信色距離 K_{PL} は

$$K_{PL} = \frac{D^2_{PL}}{D^2_{OL}} \quad (25)$$

となり、色カテゴリ M からみた点 P の正規化発信色距離 K_{PM} は

$$K_{PM} = \frac{D^2_{PM}}{D^2_{OM}} \quad (26)$$

となり、色カテゴリ N からみた点 P の正規化発信色距離 K_{PN} は

【数17】

【数18】

重心までのマハラノビス距離(数15)では D^2_{oj} で正規化した距離を正規化発信色距離と呼ぶ。受信デバイスでも同様である。

【0070】以上の考え方で図8(c)の一般的なケースへ拡張する。まず図8(c)の左側、発信デバイス側で考える。点 P (805)は発信色の位置で、3つの色カテゴリの重心 L 、 M 、 N からの距離はそれぞれ

【数19】

分散共分散行列の逆行列をそれぞれ示す。3つの色カテゴリの重心 L 、 M 、 N から全色カテゴリ重心 O までの距離はそれぞれ

【数22】

【数25】

【数26】

【数27】

$$K_{PN} = \frac{D_{PN}^2}{D_{ON}^2} \quad (27)$$

となる。

【0071】次に図8(c)の右側、受信デバイス側を考える。点P' (806)は受信色の位置で、L'は発信デバイスの色カテゴリLと同一の色カテゴリの重心であり、M'は発信デバイスの色カテゴリMと同一の色カテ

$$D_{PL'}^2 = [\mathbf{P}' - \alpha_L']^T \mathbf{S}_j'^{-1} [\mathbf{P}' - \alpha_L'] \quad (28)$$

【数29】

$$D_{PM'}^2 = [\mathbf{P}' - \alpha_M']^T \mathbf{S}_j'^{-1} [\mathbf{P}' - \alpha_M'] \quad (29)$$

【数30】

$$D_{PN'}^2 = [\mathbf{P}' - \alpha_N']^T \mathbf{S}_j'^{-1} [\mathbf{P}' - \alpha_N'] \quad (30)$$

である。ただし、P'は受信色ベクトル、 α_L' は色カテゴリLの平均ベクトル、 α_M' は色カテゴリMの平均ベクトル、 α_N' は色カテゴリNの平均ベクトル、 $\mathbf{S}_L'^{-1}$ は色カテゴリLの分散共分散行列の逆行列、 $\mathbf{S}_M'^{-1}$ は色カテゴリMの分散共分散行列の逆行列、 $\mathbf{S}_N'^{-1}$ は

$$D_{OL'}^2 = [\mathbf{O}' - \alpha_L']^T \mathbf{S}_j'^{-1} [\mathbf{O}' - \alpha_L'] \quad (31)$$

【数32】

$$D_{OM'}^2 = [\mathbf{O}' - \alpha_M']^T \mathbf{S}_j'^{-1} [\mathbf{O}' - \alpha_M'] \quad (32)$$

【数33】

$$D_{ON'}^2 = [\mathbf{O}' - \alpha_N']^T \mathbf{S}_j'^{-1} [\mathbf{O}' - \alpha_N'] \quad (33)$$

である。よって色カテゴリLの重心L'からみた点P'の正規化発信色距離 K_{PL}' は

$$K_{PL}' = \frac{D_{PL'}^2}{D_{OL'}^2} \quad (34)$$

となり、色カテゴリMからみた点Pの正規化発信色距離 K_{PM}' は

$$K_{PM}' = \frac{D_{PM'}^2}{D_{OM'}^2} \quad (35)$$

となり、色カテゴリNからみた点Pの正規化発信色距離 K_{PN}' は

$$K_{PN}' = \frac{D_{PN'}^2}{D_{ON'}^2} \quad (36)$$

となる。

【0072】さて図8(b)で定義したように、カテゴリカルなマッチングの成立は同一色カテゴリの持つ正規化発信色距離と正規化受信色距離の一致を意味する。よっ

$$K_{PL} = K_{PL}' \quad (37)$$

ゴリの重心であり、N'は発信デバイスの色カテゴリNと同一の色カテゴリの重心である。点P'のL'、M'、N'からの距離はそれぞれ

【数28】

色カテゴリNの分散共分散行列の逆行列をそれぞれ示す。3つの色カテゴリの重心L'、M'、N'から全色カテゴリ重心O'までの距離はそれぞれ

【数31】

【数34】

【数35】

【数36】

て図8(c)の場合、受信色ベクトルは、色カテゴリLについては(数37)

【数37】

色カテゴリMについては(数38)

$$K_{PM} = K_{PM}'$$

色カテゴリNについては(数39)

$$K_{PN} = K_{PN}'$$

を満たさなければならない。

【0073】以上により、候補色ベクトルQ'の中から

$$K_{ej} = K_{ej}'$$

を11個の色カテゴリすべてに対して、できるだけ小さな誤差で満たすことのできる色ベクトルを候補色ベクトルQ'の中から探し出すことに相当する。ここでK_{cj}は発信色ベクトルCを色カテゴリjから見た場合の正規化

$$E = \frac{K_{c1}'}{K_{c1}} \times \frac{K_{c2}'}{K_{c2}} \times \dots \times \frac{K_{cj}'}{K_{cj}} \times \dots \times \frac{K_{c11}'}{K_{c11}} \quad (41)$$

ただし、色カテゴリjにおいて(数42)

$$\frac{K_{c1}'}{K_{c1}} < 1 \quad (42)$$

の条件のとき

$$\frac{K_{c1}'}{K_{c1}} \quad (43)$$

は(数44)と置き換える。

$$\frac{K_{c1}'}{K_{c1}} \quad (44)$$

候補色ベクトルQ'のうち、(数41)を最小にする色ベクトルを受信色ベクトルC'とする。

【0074】以上、候補色ベクトルQ'から受信色ベクトルC'を抽出するアルゴリズムを実行する部分を図1の中で説明する。この動作は以下の4つの過程に分かれる。

過程1. CRTディスプレイ、液晶ディスプレイ双方において全色カテゴリ平均ベクトルを算出する(図1の104、105)。

過程2. CRTディスプレイにおいて、色カテゴリQの平均ベクトルと分散共分散ベクトル(図1の106)、発信色ベクトル(図1の101)全色カテゴリ平均ベクトル(図1の104)を用いて正規化発信色距離(図1の107)を算出する。

$$O = \left[\frac{\sum_{j=1}^n \bar{r}_j}{n} \quad \frac{\sum_{j=1}^n \bar{g}_j}{n} \quad \frac{\sum_{j=1}^n \bar{b}_j}{n} \right] \quad (45)$$

で与えられる。nは色カテゴリの数で、本実施形態ではn=11である。また液晶ディスプレイの全色カテゴリ

$$\text{【数38】} \quad (38)$$

$$\text{【数39】} \quad (39)$$

受信色ベクトルC'を抽出する操作は

$$\text{【数40】} \quad (40)$$

発信距離を表わし、K_{cj}'は受信色ベクトルC'を色カテゴリjから見た場合の正規化受信距離を表わす。そこで誤差評価式には(数41)を用いる。

$$\text{【数41】}$$

$$\text{【数42】}$$

$$\text{【数43】}$$

$$\text{【数44】}$$

過程3. 液晶ディスプレイにおいて、色カテゴリQの平均ベクトルと分散共分散ベクトル(図1の108)、候補色ベクトルQ'(図1の103)、全色カテゴリ平均ベクトル(図1の105)を用いて正規化受信色距離(図1の109)を算出する。

過程4. 11個の色カテゴリそれぞれに対して、CRTディスプレイと液晶ディスプレイの間で正規化発信色距離と正規化受信色距離を比較し(図1の110)、最も距離の誤差が小さくなる色ベクトルを候補色ベクトルQ'から選びだし、これを液晶ディスプレイのドライブ信号C'とする(図1の111)。

【0075】過程1において、CRTディスプレイの全色カテゴリ平均ベクトルOは

$$\text{【数45】}$$

平均ベクトルO'は

$$\text{【数46】}$$

$$\mathbf{O}' = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{j=1}^n \bar{r}_j'}{n} & \frac{\sum_{j=1}^n \bar{g}_j'}{n} & \frac{\sum_{j=1}^n \bar{b}_j'}{n} \end{bmatrix} \quad (46)$$

で与えられる。nは色カテゴリーの数で、本実施形態ではn=11である。

$$K_{cj} = \frac{D_{cj}}{D_{co}} \quad (47)$$

で与えられる。ここでD_{cj}は色カテゴリーjから見た色カテゴリーの重心から発信色Cまでのマハラノビス距離を表わし、D_{co}は色カテゴリーjから見た色カテゴリーの重心から全色カテゴリー重心までのマハラノビス距離を表わす。

$$K_{cj}' = \frac{D_{cj}'}{D_{co}'} \quad (48)$$

で与えられる。ここでD_{cj'}は色カテゴリーjから見た色カテゴリーの重心から受信色C'までのマハラノビス距離を表わし、D_{co'}は色カテゴリーjから見た色カテゴリーの重心から全色カテゴリー重心までのマハラノビス距離を表わす。

【0078】過程4において、正規化発信色距離と正規化受信色距離の誤差評価には(数41)～(数44)を用いる。

【0079】以上より、CRTディスプレイ上の色(r, g, b)は液晶モニタ上の色(r', g', b')にマッピングされ、この2つのペアは同じ色カテゴリーを持ち、かつ色カテゴリー内での相対的位置関係が同一であるため、自然な色合いで色域マッピングが行なえる。さらに上記手法は従来の手法にはない一意性を持ち、画像機器、ソフトウェアの色再現系の設計や各ユーザーサイトでの色管理が有効に実施できる。

【0080】なお、CRTディスプレイと液晶ディスプレイをそれぞれ照明光源の異なる環境下で観察した2つの色票と考えると対応色予測へ利用でき、またCRTディスプレイと液晶ディスプレイを経時変化等で特性の異なった単一デバイスの2つの特性と捉え、デバイスの特性調整に利用できることは容易に理解できる。

【0081】すなわち、状態の変化によって入出力特性が変化した単一デバイスの現在の特性を元の特性に戻す場合において、現状と元状態ごとに色信号データが形成する色空間を観察者が知覚する色のまとまりで複数の色カテゴリーに分割し、同一色カテゴリーに分類された色信号データ群を母集団とする確率密度関数を作成し、前記元状態が持つ色情報である元状態色ベクトルが各色カテゴリーから発生する発生確率により前記元状態色ベクトルが属する色カテゴリーを決定し、前記元状態色ベクトルが属する色カテゴリーと同一の色カテゴリー内から発生する

【0076】過程2において、正規化発信色距離K_{cj}は【数47】

【0077】過程3において、正規化受信色距離K_{cj'}は【数48】

現状態の色信号データ群の中から、現状態の各色カテゴリーの重心点との位置関係が前記元状態色ベクトルが元状態の各色カテゴリーの重心点と持つ位置関係に最も近くなるような色信号データを現状態色ベクトルとして選び出すようにする。

【0082】(実施の形態2)次にCRTディスプレイの色を4色プリンタに出力する手順を実施の形態2として図9を用いて説明する。

【0083】CRTディスプレイの色(r, g, b)を4色プリンタの色(c, m, y, k)に変換する場合、図10に示すように、両デバイスの色表示範囲の違いから色域マッピングが必要になってくることがわかる。図10はNTSC規格の色表示範囲とインクジェットプリンタの色再現範囲の一例で、本発明者が実際に測定したデータである。図10(a)はCRTディスプレイとインクジェットプリンタの代表色の測色値をCIELAB空間のa*-b*平面に投影した図であり、図10(b)はCRTディスプレイとインクジェットプリンタの代表色の測色値をCIELAB空間のL*-a*平面に投影した図であり、図10(c)はCRTディスプレイとインクジェットプリンタの代表色の測色値をCIELAB空間のL*-b*平面に投影した図である。

【0084】図10(a)～(c)において、白四角はインクジェットプリンタの1次色(C, M, Y)、2次色(C+M, M+Y, Y+C)、グレーの代表色である。また白三角はNTSC規格に則ったCRTディスプレイの1次色(R, G, B)、2次色(R+B, R+G, G+B)、グレーの代表色である。さらに黒点はインクジェットプリンタの代表色729色であり、インクジェットプリンタの色表示範囲全体から万遍なく選択したものである。図10の1001はCRTディスプレイの色表示範囲の外形を表わし、1002はインクジェットプリンタの色表示範囲の外形を表わす。

【0085】本実施形態での色域マッピングは3次元空間と4次元空間のマッピングである。次元数が異なるため、「実施の形態1」で用いた方法はそのまま適用できない。そこで図11に示す方法でプリンタの次元数を3次元に落としてマッピングを行なう。まずプリンタの代表色はCMY3次元空間内から選びだす(図11の1101)。選び出された色ベクトルEは各色カテゴリの色

$$\begin{aligned} E_p &= [c_p \ m_p \ y_p \ k]^T \\ \varepsilon &= \min(c, m, y) - \rho \geq 0 \\ c_p &= c - \tau_c \varepsilon \\ m_p &= m - \tau_m \varepsilon \\ y_p &= y - \tau_y \varepsilon \\ k &= \phi \varepsilon \end{aligned} \quad (49)$$

なる色ベクトルEPでプリンタをドライブして作成する(図11の1104)。(数49)において、 $\min(c, m, y)$ はc, m, yの最小値を検出する関数を表わす。 $\rho, \tau_c, \tau_m, \tau_y, \phi$ はそれぞれ任意定数である。(数49)は墨発生と下色除去の一例にすぎず、本発明には任意の墨発生方法や下色除去方法が適用できる。

【0087】以上の操作により、プリンタ空間に形成する確率密度関数は3次元で記述することができるため、図9に示す色域マッピングの手順は図1と基本的には同じである。ただし、受信色ベクトルC'が求まった後、図9の901に示すように墨発生と下色除去を行なう。そして、図9の901の墨発生と下色除去は図11の1103と同一でなければならない。901の出力である

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6067 & 0.1736 & 0.2001 \\ 0.2988 & 0.5868 & 0.1144 \\ 0.0000 & 0.0661 & 1.1150 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (50)$$

【数51】

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.9106 & -0.5326 & -0.2883 \\ -0.9843 & 1.9984 & -0.0283 \\ 0.0584 & -0.1185 & 0.8985 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (51)$$

によってRGB信号とXYZ三刺激値の変換が可能である。カメラなどの入力機器では、(数50)によって、取り込んだRGB信号をXYZ三刺激値に変換でき、CRTディスプレイなどの出力機器では、(数51)によって、ドライブしたRGB信号で表示される色のXYZ三刺激値に変換できる。XYZ三刺激値に変換できればCIELABやCIELUVなどの他の測色値空間へ変換可能であるため、任意に色空間が選べることは容易に理解できる。(数50)、(数51)のようにデバイス信号と測色値をつなぐ関数を求めるほか、すべての変換情報を直接テーブル化したり、代表色データに対して変換情報を求め、補間演算によって全変換情報を補償するなどの形で、デバイス信号と測色値の関係を決めれば、測色値空間で色情報交換、およびデバイス特性の調整は実行できる。

信号データ群の要素となり、色カテゴリの確率密度関数を記述するために用いられる。

【0086】一方、被験者に呈示する色刺激(図11の1102)は色ベクトルEに墨発生と下色除去(図11の1103)を施した

【数49】

902がマッピング点となる。

【0088】以上より、本実施の形態から、CRTディスプレイの色空間と次元数が異なる4色プリンタでも色域マッピングや対応色予測、さらにはデバイス特性調整が行なえることが理解できる。

【0089】なお、「実施の形態1」と「実施の形態2」の色情報交換方法、およびデバイス特性の調整方法はRGBやCMYKなどのデバイスに依存した色信号を用いて説明されたが、デバイス信号と測色値との関係をモデル化することによって、同様の実施形態は測色値空間でも実行できる。たとえばNTSC規格では

【数50】

【0090】なお、本実施形態1や2のようなデバイス信号によるマッピングを測色値によるマッピングと比較すると、本実施形態1や2では測色作業が必要でないという特徴を持つことがわかる。

【0091】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、色域マッピングを従来手法にない一意性を持って決定でき、かつ観察条件の異なるデバイス間での画像の色再現性の向上などを実現できる優れた色情報交換方法を実現できるものである。

【0092】また本発明によれば、デバイス特性の調整方法を従来手法にない一意性を持って決定でき、かつ観察条件の異なる画像の色再現性の向上などを実現できる優れたデバイス特性調整方法を実現できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1におけるCRTディスプレイの色を液晶ディスプレイの色に変換する手順を示す図

【図2】(a) CRTディスプレイと液晶ディスプレイの色表示範囲の一例を示す図

(b) Kellyが示した色の領域にCRTディスプレイ及び液晶ディスプレイの色表示範囲を重ねた図

【図3】(a)図2の(b)におけるCRTディスプレイと液晶ディスプレイの「緑」の領域を切り出した図

(b)自然な色合い、連続性の保存、反転の未発生を実現する色域マッピング方法の概念を説明する図

【図4】MacAdamが求めた色弁別楕円を示す図

【図5】楕円の交線とKellyの色領域の境界線の間隔を説明する図

【図6】各色カテゴリの色信号データを収集する被験者実験の方法を説明する図

【図7】CRTディスプレイと液晶ディスプレイの間で同一色カテゴリの重心をマッピングする方法を説明する図

【図8】(a) 3つの色カテゴリの重心から形成される三角形の重心をマッピングする方法を説明する図

(b) 3つの色カテゴリの重心から形成される三角形の重心マッピングする一般的な方法を説明する図

(c)正規化発信色距離と正規化受信色距離を用いて任意の発信色をマッピングする方法を説明する図

【図9】本発明の実施の形態2におけるCRTディスプレイの色を4色プリンタの色に変換する手順を示す図

【図10】CRTディスプレイと4色プリンタの色表示範囲の一例を示す図

【図11】4色プリンタの4次元色空間を3次元色空間として取り扱う方法を説明する図

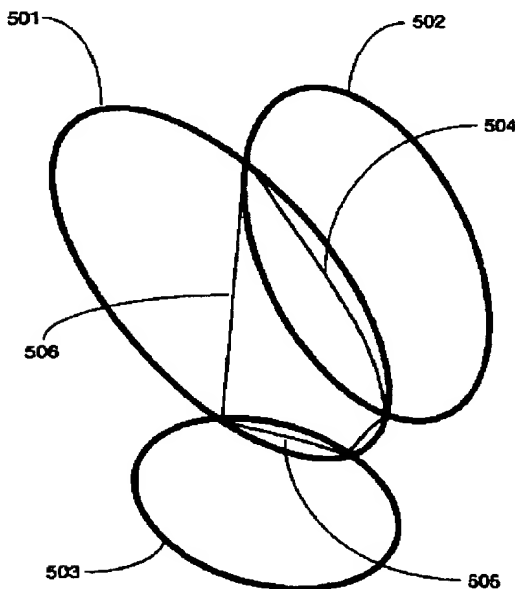
【図12】明度と色相を一定に保ち、彩度を落としてマッピング点を決定するマッピング方法を示す図

【図13】色空間の重心部を目指して全点を滑らかに圧縮して彩度低下を回避しながらマッピング点を決定するマッピング方法を示す図

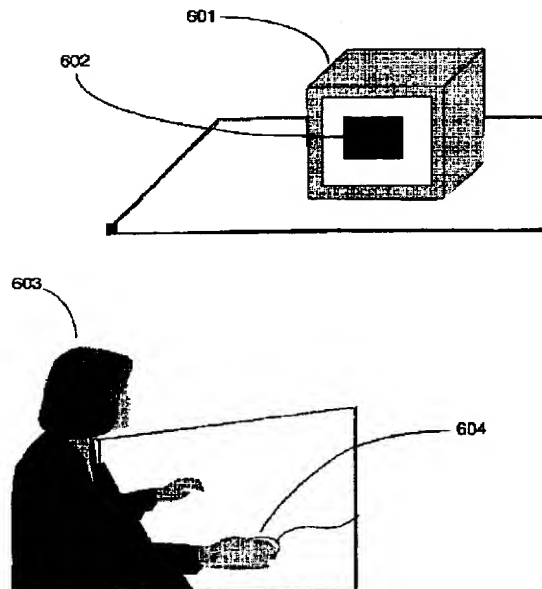
【符号の説明】

- 101 発信色ベクトルC
- 102 発信色ベクトルCが属する色カテゴリ特定処理
- 103 候補色ベクトル
- 104 CRTディスプレイの全色カテゴリ平均ベクトル
- 105 液晶ディスプレイの全色カテゴリ平均ベクトル
- 106 平均ベクトルと共分散ベクトルの供給動作
- 107 正規化発信色距離算出部
- 108 液晶ディスプレイの平均ベクトルと共分散ベクトル
- 109 正規化受信色距離算出部
- 110 誤差評価部
- 111 受信色ベクトルC'
- 201、203 CRTディスプレイの色表示範囲 (NTSC規格)
- 202、204 液晶ディスプレイの色表示範囲
- 301、301 CRTディスプレイのKellyの緑領域に相当する範囲
- 302、304 液晶ディスプレイのKellyの緑領域に相当する範囲

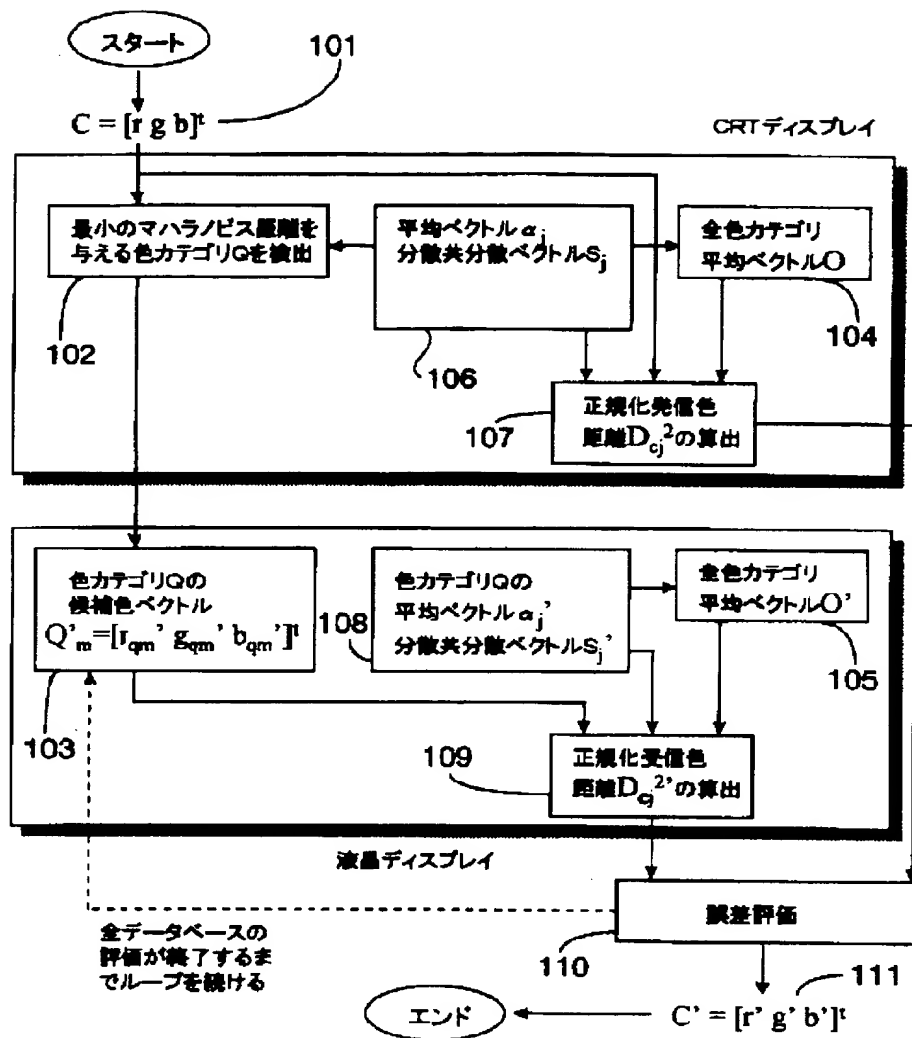
【図5】



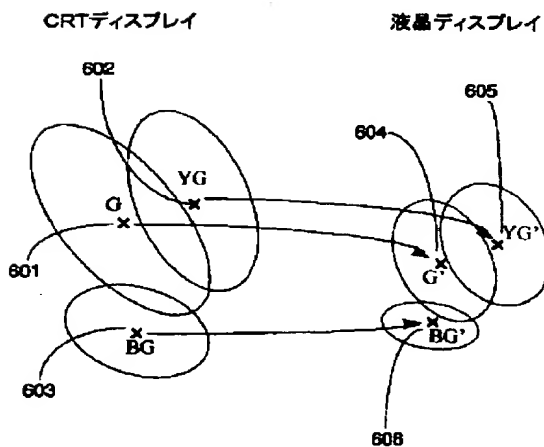
【図6】



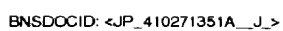
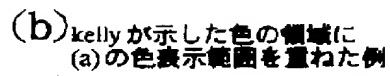
【図1】



【図7】

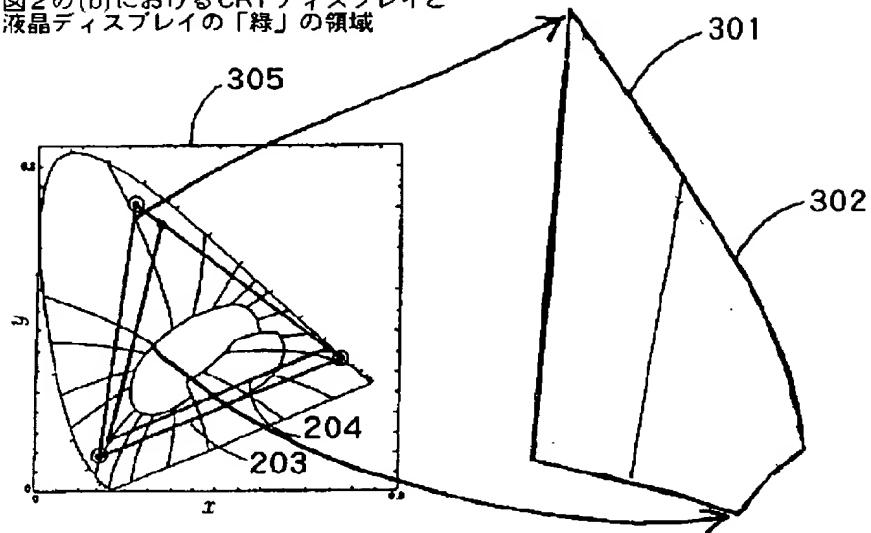


(a) CRTディスプレイと
液晶ディスプレイの色
表示範囲の一例

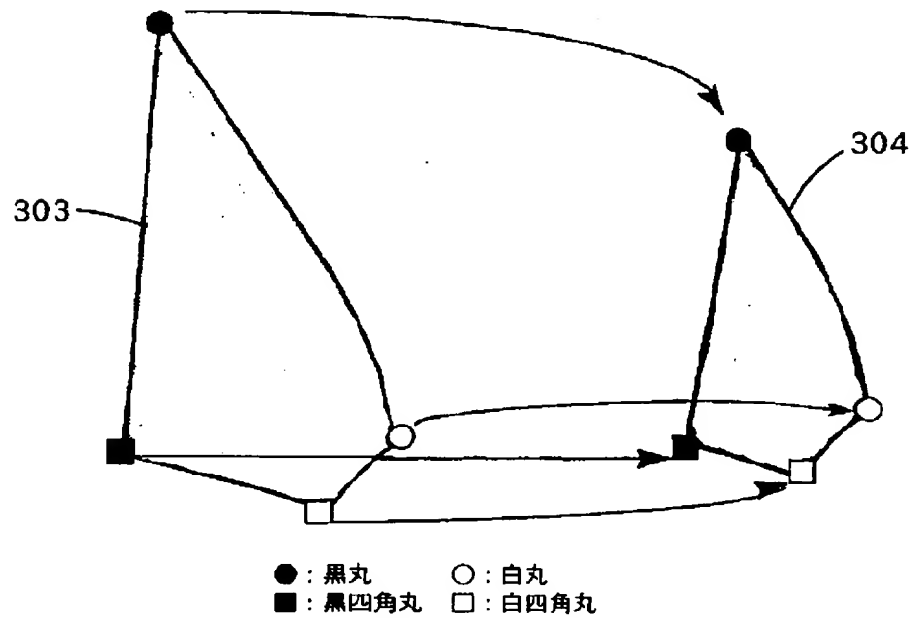


【図3】

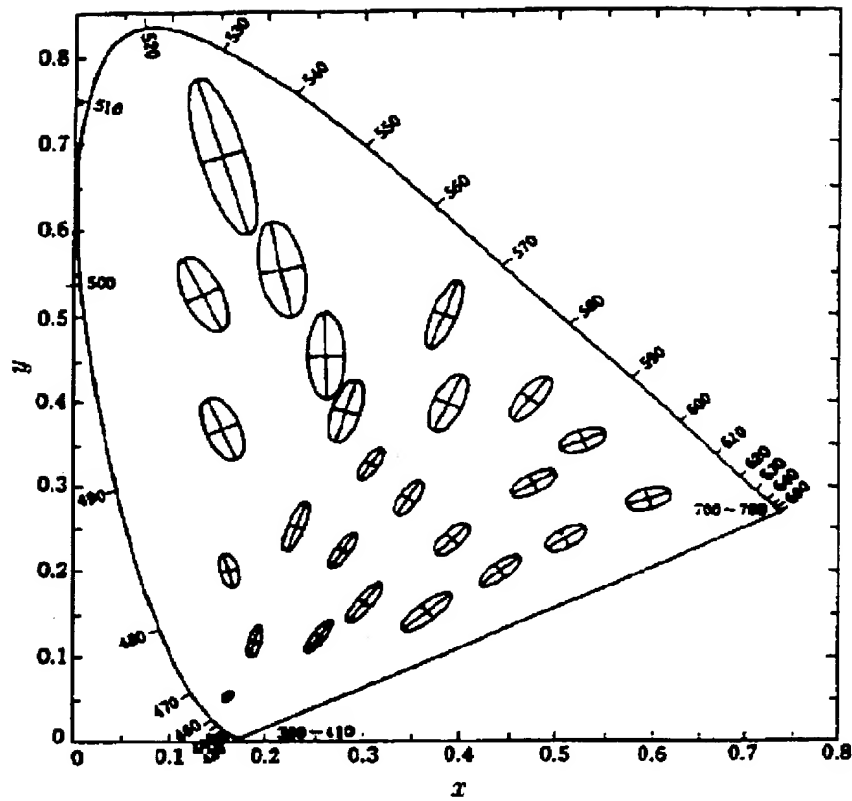
(a) 図2の(b)におけるCRTディスプレイと
液晶ディスプレイの「緑」の領域



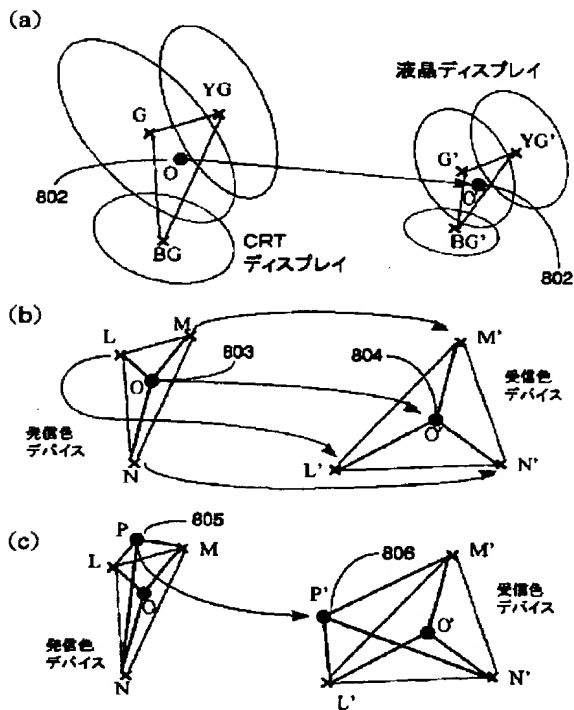
(b) 自然な色合い, 連続性の保存, 反転の未発生を実現する
色域マッピング方法の概念



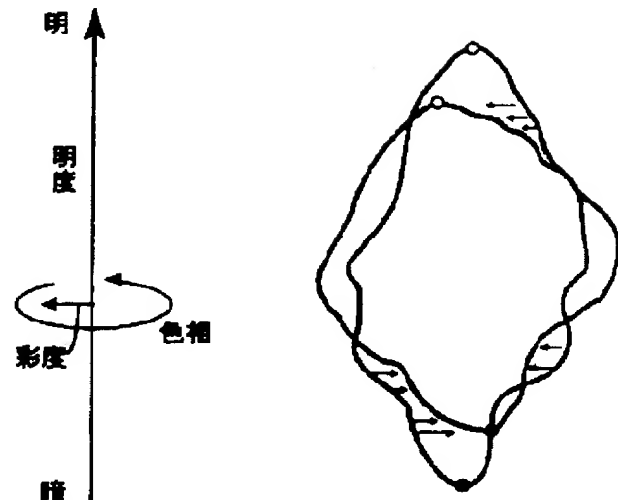
【図4】



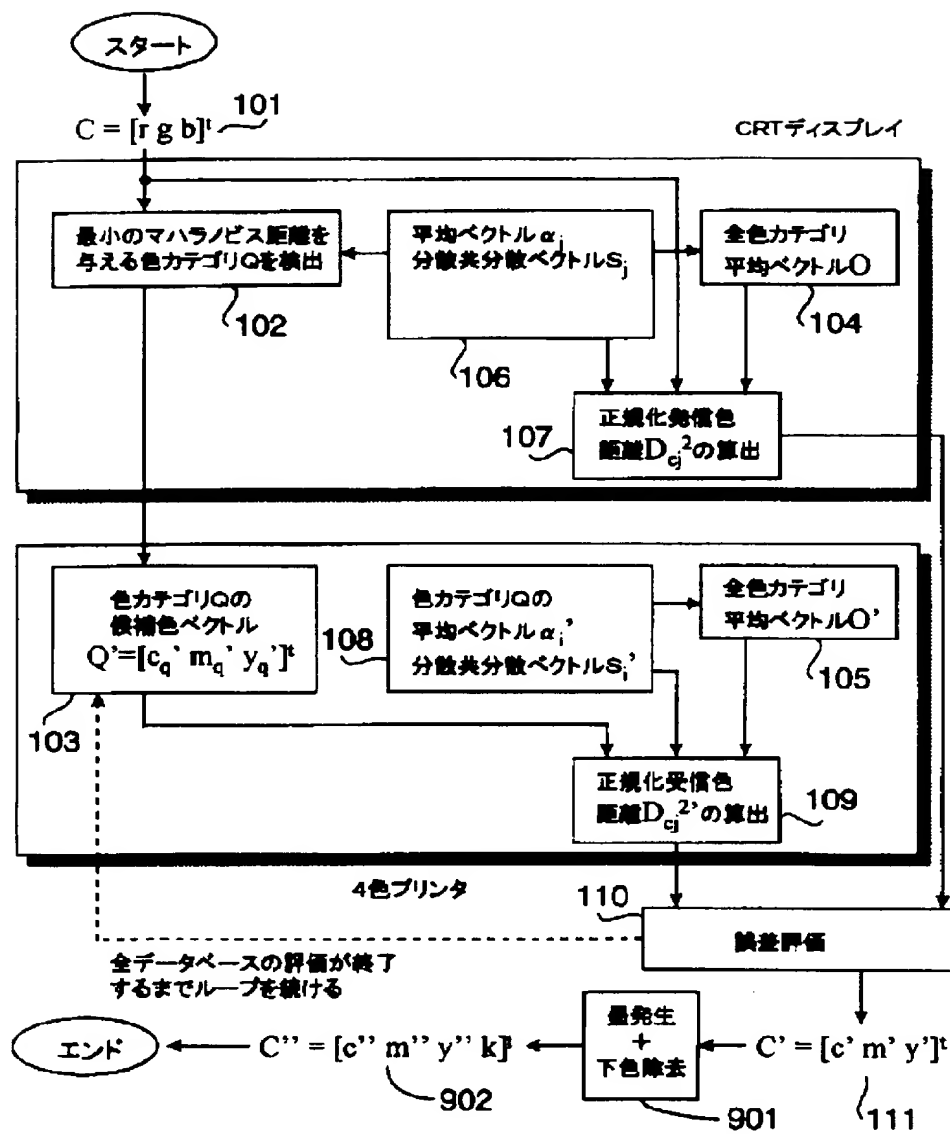
【図8】



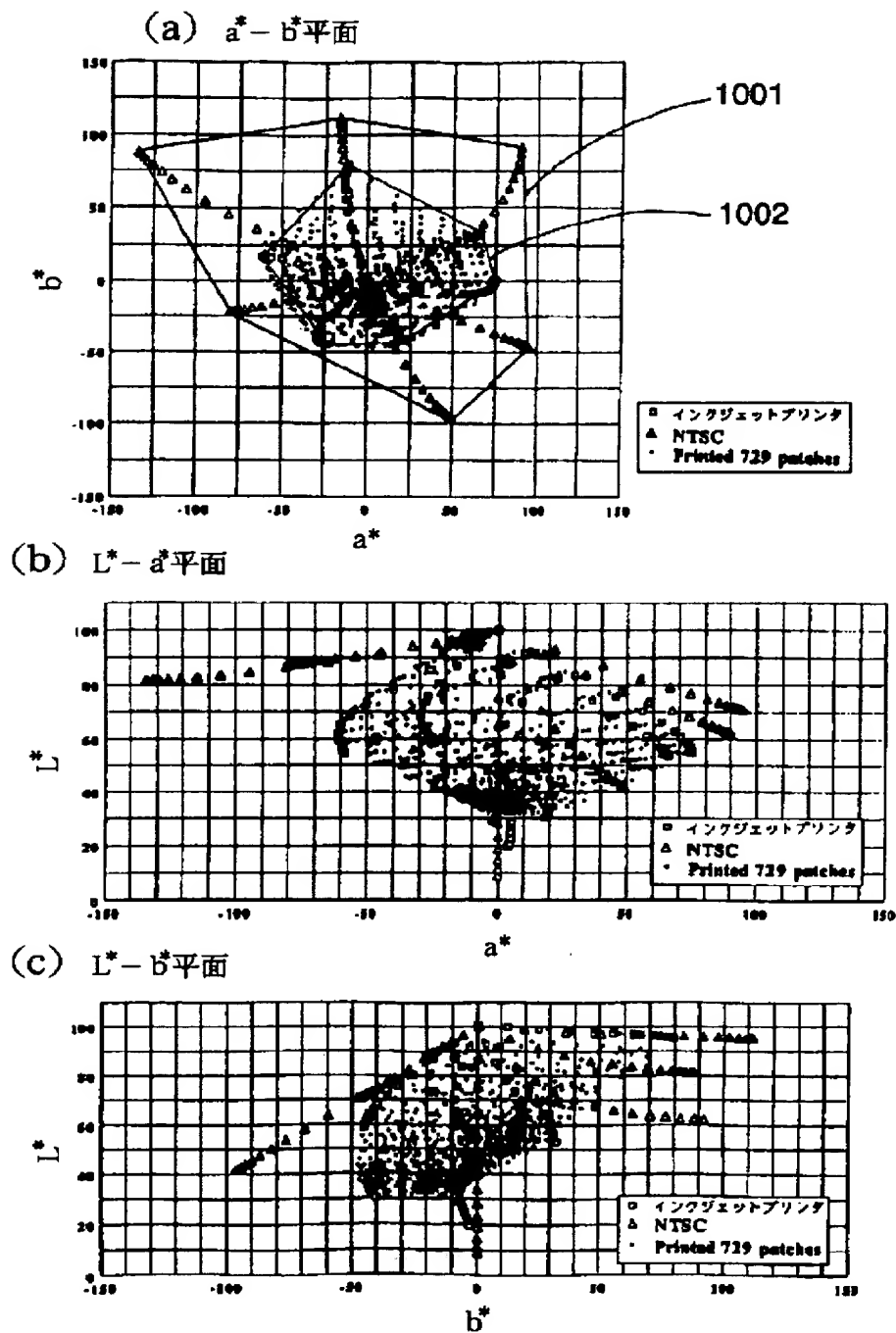
【図12】



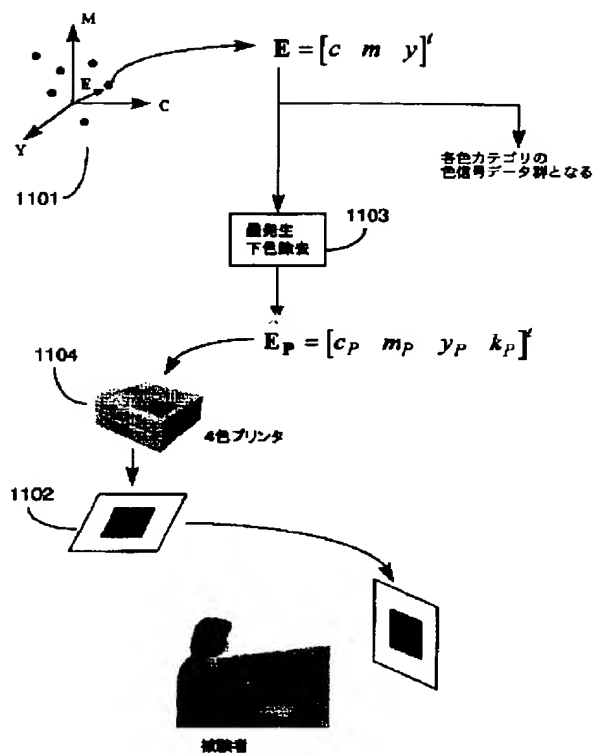
【図9】



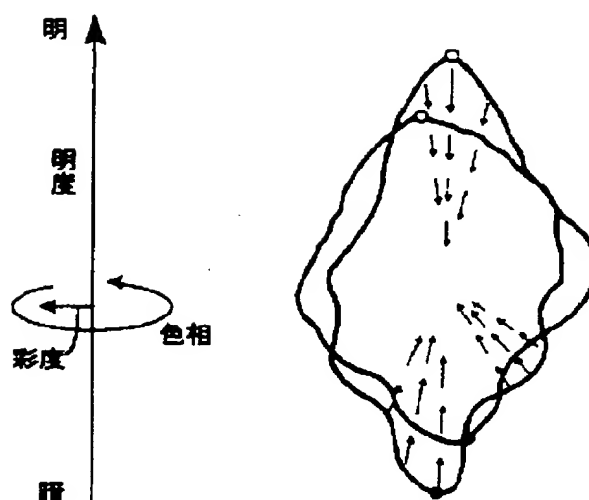
【図10】



【図11】



【図13】



THIS PAGE BLANK (USPTO)